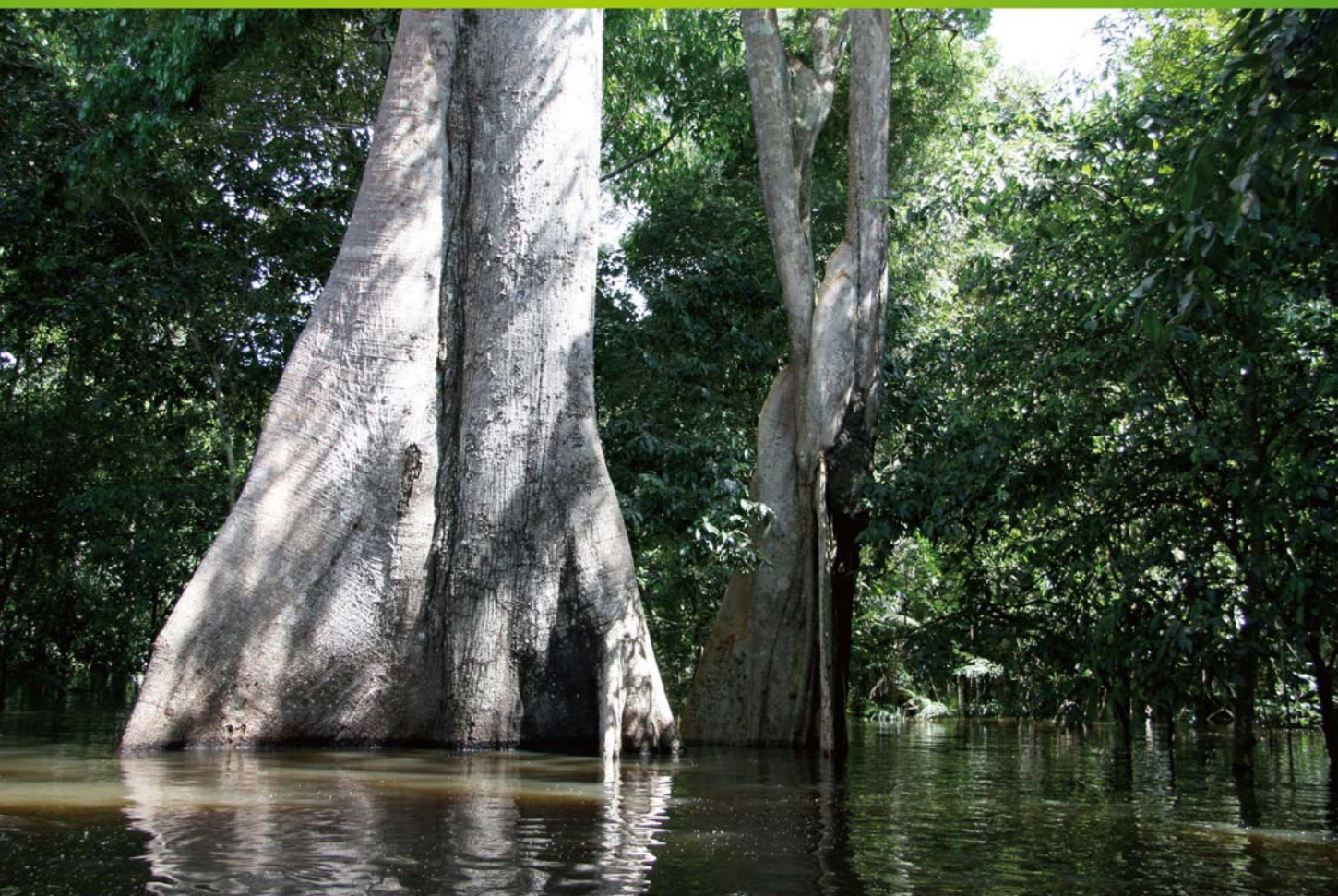


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

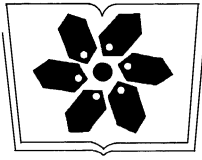
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第8期 Vol.31 No.8 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 8 期

2011 年 4 月 (半月刊)

目 次

塔里木河下游胡杨径向生长与地下水的关系·····	安红燕,徐海量,叶 茂,等 (2053)
冲积平原区高程因子对土壤剖面质地构型的影响——以封丘县为例·····	檀满枝,密术晓,李开丽,等 (2060)
臭氧胁迫对大豆叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响·····	王俊力,王 岩,赵天宏,等 (2068)
重要理化因子对小球藻生长和油脂产量的影响·····	张桂艳,温小斌,梁 芳,等 (2076)
北亚热带马尾松净生产力对气候变化的响应·····	程瑞梅,封晓辉,肖文发,等 (2086)
亚热带沟叶结缕草草坪土壤呼吸·····	李熙波,杨玉盛,曾宏达,等 (2096)
UV-B 辐射对马尾松凋落叶分解和养分释放的影响·····	宋新章,张慧玲,江 洪,等 (2106)
干旱胁迫下内生真菌感染对羽茅的生理生态影响·····	韩 荣,李 夏,任安芝,等 (2115)
蜜环菌对锌的耐性和富集特性·····	朱 林,程显好,李维焕,等 (2124)
干旱荒漠区狭叶锦鸡儿灌丛扩展对策·····	张建华,马成仓,刘志宏,等 (2132)
黄土高原区不同植物凋落物搭配对土壤微生物量碳、氮的影响·····	王春阳,周建斌,夏志敏,等 (2139)
内蒙古典型草原克氏针茅与冰草的生存策略·····	孙 建,刘 苗,李胜功,等 (2148)
荒漠沙柳根围 AM 真菌的空间分布·····	贺学礼,杨 静,赵丽莉 (2159)
开放式昼夜不同增温对单季稻影响的试验研究·····	董文军,邓艾兴,张 彬,等 (2169)
醉马草免培养内生细菌的多样性·····	张雪兵,史应武,曾 军,等 (2178)
河南生态足迹驱动因素的 Hi_PLS 分析及其发展对策·····	贾俊松 (2188)
禹城市耕地土壤盐分与有机质的指示克里格分析·····	杨奇勇,杨劲松,余世鹏 (2196)
旋覆花提取物对朱砂叶螨的生物活性及酶活性的影响·····	段丹丹,王有年,成 军,等 (2203)
白洋淀湖滨湿地岸边带氨氧化古菌与氨氧化细菌的分布特性·····	叶 磊,祝贵兵,王 雨,等 (2209)
干旱胁迫条件下 6 种喀斯特主要造林树种苗木叶片水势及吸水潜能变化·····	王 丁,姚 健,杨 雪,等 (2216)
桉树人工林物种多样性变化特征·····	刘 平,秦 晶,刘建昌,等 (2227)
海河流域湿地生态系统服务功能价值评价·····	江 波,欧阳志云,苗 鸿,等 (2236)
芦苇在微咸水河口湿地甲烷排放中的作用·····	马安娜,陆健健 (2245)
云南不同土壤铅背景值下大叶茶种群对铅的吸收积累特征及其遗传分化·····	刘声传,段昌群,李振华,等 (2253)
长江口和杭州湾凤鲚胃含物与海洋浮游动物的种类组成比较·····	刘守海,徐兆礼 (2263)
江西大岗山地区 7—9 月降水量的重建与分析·····	乔 磊,王 兵,郭 浩,等 (2272)
山核桃免耕经营的经济效益和生态效益·····	王正加,黄兴召,唐小华,等 (2281)
基于 GIS 的广州市中心城区城市森林可达性分析·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (2290)
专论与综述	
土壤呼吸温度敏感性的影响因素和不确定性·····	杨庆朋,徐 明,刘洪升,等 (2301)
植物代谢速率与个体生物量关系研究进展·····	程栋梁,钟全林,林茂兹,等 (2312)
耕地生态补偿实践与研究进展·····	马爱慧,蔡银莺,张安录 (2321)
问题讨论	
元谋干热河谷三种植被恢复模式土壤贮水及入渗特性·····	刘 洁,李贤伟,纪中华,等 (2331)
研究简报	
中微量元素和有益元素对水稻生长和吸收镉的影响·····	胡 坤,喻 华,冯文强,等 (2341)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 296 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说:巴西热带雨林——美丽的巴西北部玛瑙斯热带雨林景观。位于南美洲的亚马逊河是世界上流域最广、流量最大的河流,孕育了世界面积最大的热带雨林,雨林中蕴藏着极丰富的生物资源。

彩图提供:中国科学院生态环境研究中心徐卫华博士 E-mail: xuweihua@rcees.ac.cn

长江口和杭州湾凤鲚胃含物与海洋浮游动物的种类组成比较

刘守海^{1,2}, 徐兆礼^{1,2,*}

(1. 厦门大学海洋学系, 厦门 361005; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 2009年6月—8月期间在长江口及杭州湾水域收集了1355尾的凤鲚(*Coilia mystus*)标本, 对其胃含物进行分析, 同步采集了取样点附近的浮游动物, 比较了凤鲚胃含物食谱与该海域浮游动物种类组成的相似性。结果表明: 对浮游动物主要种类而言, 河口性的长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*)的相对重要性指数(*IRI*)为703.25, 占相对重要性指数总和百分比(%*IRI*)为39.65%, 远远超过其它种类, 包括任何一个桡足类优势种, 因而是凤鲚食谱中的最重要的种类。凤鲚摄食的其它主要种类包括: 火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*)(*IRI* = 261.04), 虫肢歪水蚤(*Tortanus vermiculus*)(*IRI* = 107.53)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)(*IRI* = 27.27)。以上4种浮游动物%*IRI*合计为61.96%。在被摄食种类中占优势。因而是凤鲚饵料中最重要的优势种。胃含物和海域浮游动物之间的相似度值大致在0.363—0.365之间; 而两者桡足类之间的相似度值在0.521—0.575之间。由此推测凤鲚对个体较小的桡足类采用过滤性摄食, 对这些种类的选择性较低。而对个体较大的糠虾则是有选择性追逐摄食。

关键词: 凤鲚; 长江口; 杭州湾; 胃含物; 饵料组成; 浮游动物

Comparison of zooplankton lists between *Coilia mystus* food contents and collections from the Yangtze River Estuary & Hangzhou Bay

LIU Shouhai^{1,2}, XU Zhaoli^{1,2,*}

1 Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China

2 Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China

Abstract: The *Coilia mystus*, estuary migratory and subject to the Family Engraulidae, mainly distributed along the coastal waters, especially in bay and estuary, is a very important small economic fish. One of the main spawning grounds is located from Yangtze River to Hangzhou bay. Stow net with double stake can be used to harvest it in fishing season. Early research about feeding habits of *C. mystus*, studies on the food of *C. mystus* (L.), showed that *C. mystus* mainly feed on Crustacean, of which Copepods first place, Mysids and Decapoda second. Besides, some references about biological characteristics of *C. mystus* were referred to feeding habits. However, there have been little exclusive studies on its feeding habits, besides the quantitative analysis studies on *C. mystus*.

In order to investigate the diet of *C. mystus*, 1355 specimens were collected from the Yangtze River estuary and Hangzhou bay from June to August, 2009. The stomach contents of the specimens were classified as soon as possible after the collection. Multivariate statistical techniques were used to analyze data on stomach contents and zooplankton composition in the sampling waters. In this paper, index of relative importance (*IRI*) and percentage index of relative importance (%*IRI*) were used to depict food species or food groups. Dominance and percentage average abundance were used to determine the dominant species and major groups. Similarity index were performed to analyze their food list from the

基金项目: 国家自然科学基金资助(40776047)

收稿日期: 2010-04-04; 修订日期: 2010-09-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiaomin@sh163.net

stomach contents and the zooplankton composition list from the sampling waters, which were collected from the same locations during the fish specimens collection. When the major zooplankton species were concerned, the index of relative importance of *Acanthomysis longirostris*, a brackish estuarine species, is 703.25, which accounted for 39.65% of total *IRI* of dominant species, much higher than the other species, even the copepod; therefore, it was the most important species in the food list of *C. mystus*. The other major species in the stomach contents were *Schmackeria poplesia*, *Labidocera euchaeta* and *Tortanus vermiculus*, with the *IRI* of 261.04, 107.53 and 27.27, respectively. Therefore, the four above mentioned species were the dominant diet of the *C. mystus*, which accounted to 61.96% of total *IRI*. The similarity value of the stomach contents and the sampling zooplankton was 0.363 — 0.365, while the similarity value of copepod between the food diet and the sampling zooplankton was 0.521 — 0.575. Based on above facts, we speculate that *C. mystus* filters the smaller copepods as food with less selectivity; however, to the larger Mysidacea species, it prefers to pursue them in a much selective way.

Key Words: *Coilia mystus*; Yangtze River Estuary; Hangzhou Bay; stomach contents; food list; zooplankton

长江口及其毗邻水域饵料生物丰富,是多种鱼类洄游繁殖和索饵的场所^[1]。其中凤鲚(*Coilia mystus*)是长江口最重要的渔业资源品种^[2]。凤鲚隶属于鲱形目(Clupeiformes)鳀科(Engraulidae)鳀属(*Coilia*),为河口洄游性的中小型鱼类,在我国近海均有分布,主要栖息于港湾、河口水域。其中,长江口和杭州湾是凤鲚最主要的产卵场之一。

鱼类的食性是渔业生物科学研究的重要命题,国际上对这一领域的研究相当重视,例如,Varela, M 等^[3]研究了坎达布连和加利西亚大陆架的沙丁鱼胃含物,认为其胃含物和水环境中的浮游生物有显著的关系。关于凤鲚食性的研究,早期有郑重等对厦门港凤鲚食物组成的研究^[4],结果表明,凤鲚的以甲壳动物为主,其中以桡足类最为重要,糠虾类和十足类次之。除此以外,上海鱼类志^[2]以及一些关于凤鲚生物学特性的文献^[5-7]中也有提及,认为凤鲚胃中出现的种类以枝角类、桡足类、糠虾等浮游动物以及小型鱼类为主,但未见专门的研究报道,也没有定量分析的研究。

对长江口水域浮游动物的研究已有不少报道,例如,徐兆礼等研究了长江口浑浊带水域浮游动物生态特性,包括浮游动物优势种的生态特征和生物量及其年间变化^[8-9]以及生态研究^[10-12]等。但是,对于凤鲚胃含物种类与附近海洋环境种类的同步调查资料的比较研究国内外未见有报道。

本研究通过对长江口及附近水域的凤鲚胃含物进行分析,讨论其食谱与该水域浮游动物种类组成的比较,为凤鲚食性的进一步研究以及凤鲚渔业资源的保护、增殖和合理利用提供基础资料。

1 材料方法

研究所用长江口凤鲚取自于长兴岛附近水域,杭州湾凤鲚取自上海奉贤东部沿岸水域。采样工具为定置张网,共采集 1355 尾标本。经生物学测定后,将消化道在 10% 福尔马林溶液中固定,记录摄食等级和消化程度,取出食物团然后用滤纸吸去其表面水分,用分度值 0.001g 的电子天平测定食物团总重,再在解剖镜下鉴别饵料生物种类并分别计数和称重。饵料种类尽量鉴定到最低分类阶元。

浮游动物样品在长江口和杭州湾分别在定置张网附近采集,浮游动物标本采用浅水 I 型浮游生物网(口径 50cm、筛绢 CQ14、孔径 0.505mm),自海底至水面垂直拖曳获得。样品采集方法及标本处理等均按《海洋调查规范》进行。所获标本均经 5% 福尔马林溶液固定后再进行分类、鉴定、计数和称重。平均丰度为某一种的总丰度除以总站位数。丰度百分比为某一种的平均丰度在总丰度中的百分比。优势度计算公式参考^[11],取优势度 $Y \geq 0.02$ 的浮游动物种类为优势种:

$$\text{优势度 } Y = (n_i/N) \times f_i$$

式中, n_i 为第 i 种的丰度, f_i 是该种在各站位中出现的频率, N 为浮游动物总丰度。

食物成分的出现率(F)、尾数所占百分比(N)、重量所占百分比(W)、相对重要性指数(Index of relative

importance, *IRI*) 以及采用以下公式计算^[13-16]:

$$\text{出现频率}(F\%) = \frac{\text{含该食物成分的实胃数}}{\text{总胃数}} \times 100$$

$$\text{重量百分比}(W\%) = \frac{\text{该食物成分的实际(更正)重量}}{\text{食物团总重量}} \times 100$$

$$\text{个数百分比}(N\%) = \frac{\text{该食物成分的个数}}{\text{食物团中所有生物的总个数}} \times 100$$

$$IRI(\text{相对重要性指数}) = (W+N)F \times 10^4。$$

胃含物中种类(或类别)的相对重要性指数计为 *IRI*, 相某一个种(或类别)对重要性指数百分比是该种(或类别) *IRI* 在各个种(或类别) *IRI* 总和中的百分比, 计为“% *IRI*”。

相似性计算参考采用 Ochiai 相似系数 (C_o), Kulczynski 系数 (S_k) 以及 Watson 等系数 (S_w), 计算公式如下^[17]:

$$C_o = \frac{a}{\sqrt{a+b} \cdot \sqrt{a+c}}$$

$$S_k = \frac{a}{2} \left(\frac{1}{a+b} + \frac{1}{a+c} \right)$$

$$S_w = 1 - \frac{b+c}{2a+b+c}$$

式中, a 是胃含物和海洋中共有的种类数, b 是胃含物有但海洋无的种类数, c 是海洋有但胃含物无的种类数。

2 结果

2.1 凤鲚食性的生物组成

长江口及杭州湾凤鲚胃含物生物组成分析结果(表 1), 食物种类数共有 39 种(包含无法鉴定到种的饵料), 分 6 个门 11 大类(不含浮游幼虫(体))。由表 1 可见, 食物组成中甲壳动物占绝对优势, 包括枝角类、桡足类、十足类、糠虾类和端足类等 5 大类在内的 16 属 19 种类, 其中又以桡足类的种类最多, 达 9 种。其次是枝角类 4 种和糠虾类 3 种, 不含未鉴定到种的食物。在浮游幼虫(体)中共包含了 8 种幼体。

2.2 主要类群的分布

从表 2 看, 桡足类出现频率为最高, 其次是糠虾类, 分别为 46.47% 和 31.37%。硅藻、枝角类和十足类也是经常作为被摄食种类, 出现频率百分比在 2.0%—6.5% 之间。涟虫类、有尾类、端足类、小鱼、管水母类以及腹足类等类群则是凤鲚偶然摄食的对象, 其出现百分比均较小, 均不超过 2%。

凤鲚摄食食物种类的重量百分比以糠虾类最高(77.52%), 十足类次之(13.06%), 第三位是桡足类(7.94%)。其他类群的比重均不超过 1%。

各类群的个数百分比以桡足类最多(62.38%), 其次是糠虾类(25.27%), 硅藻、枝角类、十足类也占一定比例, 其余各类群均不超过 1%。

依据相对重要性指标(*IRI*)和相对重要性指标百分比(%*IRI*)来看, 桡足类(*IRI* = 3267.83)和糠虾类(*IRI* = 3224.90)为最重要的食物类群, 占相对重要性指标百分比分别为 49.68%、49.03%, 涟虫类、有尾类、端足类、小鱼、管水母类和腹足类等类群的 *IRI* 均小于 1。

2.3 主要种类和重要性分析

凤鲚胃含物中出现频率最高的种类是火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*), 占 14.65%; 数量百分比最大的是长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*), 占 18.14%; 重量百分比第一的是长额刺糠虾, 为 56.43%, 其余种类的 *W%* 值均小于 10%。相对重要性指标 *IRI* 最高的是长额刺糠虾, 为 703.25, 其%*IRI* 为 39.65%。其次为火腿许水蚤(*IRI* = 261.04)、虫肢歪水蚤(*Tortanus vermiculus*)(*IRI* = 107.53)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*), 这三者%*IRI* 之和为 22.32%。最小的为短额刺糠虾(*A. brevirostris*)(*IRI* = 2.48)(表 3)。

表 1 长江口及杭州湾凤鲚的食谱

Table 1 Food list of *Coilia mystus* in the Yangtze River Estuary and Hangzhou bay

食物种类 Food species	食物种类 Food species
硅藻 Diatoms	未辨认的虾类幼体 Other Decapoda larva
圆筛藻 <i>Coscinodiscus</i> sp.	糠虾类 Mysidacea
未辨认的硅藻 other Diatoms	短额刺糠虾 <i>Acanthomysis brevirostris</i>
枝角类 Cladocera	长额刺糠虾 <i>A. longirostris</i>
未辨认的枝角类 other Cladocera	近糠虾 <i>Anchialina typica</i>
象鼻溞 Bosmina	未辨认的糠虾 Other Mysidacea
筒弧象鼻溞 <i>B. coregoni</i>	涟虫类 Cumacea
脆弱象鼻溞 <i>B. fatalis</i>	有尾类 Appendicularia
未辨认的象鼻溞 other Bosmina	住囊虫 <i>Oikopleura</i> sp.
短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	端足类 Amphipoda
微型裸腹溞 <i>Moina micrura</i>	蚋 Hyperiidae
桡足类 Copepoda	未辨认的端足类 Other Amphipoda
未辨认的桡足类 other Copepoda	小鱼 fish
未辨认的哲水蚤 other Calanoida	管水母类 Siphonophora
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	五角水母 <i>Muggiaea atlantica</i>
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	未辨认的管水母类 Other Siphonophora
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	腹足类 Gastropoda
拟哲水蚤 <i>Paracalanus</i> sp.	浮游幼体 Larvae
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	短尾类的大眼幼虫 <i>Brachyura megalopa</i> larva
中华华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	短尾类的溞状幼体 <i>Brachyura zoea</i> larva
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	长尾类幼体 <i>Macrura</i> larva
未辨认的剑水蚤 other Cyclopoida	无节幼体 <i>Napulius</i>
广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>	多毛类幼体 <i>Polychaeta</i> larva
透明温剑水蚤 <i>Thermocyclops hyalinus</i>	磁蟹幼体 <i>Porcellana</i> larva
十足类 Decapoda	桡足类幼体 Copepodite
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	糠虾幼体 Mysidacea larva

表 2 凤鲚食谱的主要类群

Table 2 Major groups in food list for *C. mystus*

类群 Group	出现频率/% Frequency percentage	个数百分比/% Numerical percentage	重量百分比/% Weight percentage	相对重要性 指数 IRI	相对重要性指数 百分比% IRI
硅藻 Diatoms	2.35	2.60	*	6.13	0.09
枝角类 Cladocera	6.27	3.11	0.03	19.69	0.30
桡足类 Copepoda	46.47	62.38	7.94	3267.83	49.68
十足类 Decapoda	2.35	1.18	13.06	33.50	0.51
糠虾类 Mysidacea	31.37	25.27	77.52	3224.90	49.03
涟虫类 Cumacea	1.18	0.50	0.13	0.75	0.01
有尾类 Appendicularia	0.20	0.08	*		
端足类 Amphipoda	1.37	0.59	0.30	1.23	0.02
小鱼 Fish	0.59	0.25	*		
管水母类 Siphonophora	0.59	0.25	*		
腹足类 Gastropoda	1.57	0.67	*		
浮游幼体 Larvae	5.69	3.11	1.01	23.42	0.36

“*”表示所占比例小于0.01%

表 3 凤鲚食谱的主要种类及其重要性分析

Table 3 IRI of the major species in food list for *C. mystus*

种名 Species	出现频率/% Frequency percentage	个数百分比/% Numerical percentage	重量百分比/% Weight percentage	相对重要 性指数 IRI	相对重要性指数 百分比% IRI
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.40	0.76	0.02	0.31	0.02
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.30	0.34	0.11	0.13	0.01
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	2.88	7.47	1.99	27.27	1.54
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	14.65	16.12	1.70	261.04	14.72
中华华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	5.53	2.69	0.09	15.36	0.87
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	8.36	11.5	1.36	107.53	6.06
短额刺糠虾 <i>Acanthomysis brevirostris</i>	0.98	0.76	1.79	2.48	0.14
长额刺糠虾 <i>A. longirostris</i>	9.43	18.14	56.43	703.25	39.65

2.4 长江口及杭州湾水体浮游动物种类组成

对同一季节长江口及杭州湾渔场附近水域浮游动物调查结果显示,出现的浮游动物种类数共有 35 种,分 3 个门 10 大类(不含浮游幼体)。其中甲壳动物占绝对优势,它包括了枝角类、桡足类、端足类、磷虾类、十足类、糠虾类、涟虫类和介形类等 8 大类在内的 19 属 23 种,又以桡足类的种类最多,达 15 种,其丰度百分比为 89.42%(表 4)。在浮游幼虫(体)中共包含了 6 种。

在桡足类中,以优势度 ≥ 0.02 为主要优势种,其中火腿许水蚤优势度为 $Y = 0.30$ 、太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*) $Y = 0.26$ 、虫肢歪水蚤 $Y = 0.10$ 、真刺唇角水蚤 $Y = 0.06$ 、针刺拟哲水蚤 $Y = 0.02$ 。其中火腿许水蚤、太平洋纺锤水蚤、虫肢歪水蚤、真刺唇角水蚤四者的丰度百分比值之和为 95.25%,占绝大多数(表 5)。

表 4 长江口及杭州湾浮游动物主要类群的丰度百分比

Table 4 Percentage of average abundance of the major groups for zooplankton in the Yangtze River Estuary and Hangzhou Bay

类群 Group	丰度百分比/% Percent of average abundance	类群 Group	丰度百分比/% Percent of average abundance
枝角类 Cladocera	0.83	介形类 Ostracoda	0.02
桡足类 Copepoda	89.42	翼足类 Pteropoda	0.17
端足类 Amphipoda	0.14	毛颚类 Chaetognatha	0.63
磷虾类 Euphausiacea	0.29	浮游幼体 larvae	5.06
十足类 Decapoda	0.75	鱼卵 fish egg	0.04
糠虾类 Mysidacea	1.28	仔鱼 fish larva	1.37

2.5 种类组成相似性分析

胃含物和海洋之间浮游动物种类相似性计算结果表明(表 6),胃含物和海洋中全部种类的相似值大致在 0.363—0.365 之间,两者的桡足类的相似值在 0.521—0.575 之间。

3 讨论

3.1 凤鲚的胃含物中类别差异和海域中海洋生物的关系

鱼类食物组成可能因栖息水域不同、水域环境中饵料种类不同而起变化,显示出胃含物的变化与水域饵料生物种类组成有密切的联系^[18]。Roass-Alyaola 等^[19]比较了加利福尼亚海湾南部平鳍旗鱼 (*Istiophorus platypterus*) 食物组成,认为饵料生物的种类和数量的不同导致了各海域之间鱼类食物组成的差异。张其永和 张雅芝^[20]发现,闽南-台湾浅滩二长棘鲷幼鱼的食性与北部湾的有明显的差异,台湾浅滩的主要食多毛类、底栖端足类等,北部湾的主要食桡足类等。

表 5 长江口及杭州湾游动物优势度 ($Y \geq 0.02$) 和平均丰度 (ind./m³)

种名 Species	优势度 Y	平均丰度 Average abundance	丰度百分比/% Percent of average abundance
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	*	0.71	0.02
亚强真哲水蚤 <i>Eucalanus subcrassus</i>	*	2.86	0.08
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	*	2.86	0.08
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>	0.02	92.82	2.65
强额拟哲水蚤 <i>Paracalanus crassirostris</i>	*	2.86	0.08
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>	*	37.63	1.07
中华胸刺水蚤 <i>Centropages sinensis</i>	*	2.86	0.08
中华华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	*	18.5	0.53
火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	0.30	1345.25	38.42
右突新镖水蚤 <i>Neodiaptomus schmackeri</i>	*	0.83	0.02
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i>	*	0.71	0.02
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	0.06	249.39	7.12
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.26	1003.66	28.67
虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	0.10	689.23	19.69
英勇剑水蚤 <i>Cyclops strenuus</i>	*	1.67	0.05
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	0.01	49.44	1.41

“*”表示所占比例小于 0.01

舟山近海张网渔获物中的凤鲚主要摄食桡足类、磷虾、毛虾、细螯虾和鱼类幼体。其中磷虾、毛虾和桡足类占绝对优势^[6]。在长江口及邻近水域凤鲚的胃含物中,浮游动物类别繁多(表 1),有桡足类、十足类等,但是不包括磷虾和毛虾。另外还出现了枝角类、糠虾类、端足类、鱼类、硅藻、涟虫类、有尾类和腹足类等。两个地点相比,外海凤鲚胃含物出现了磷虾和毛虾这样盐度适应较高的种类,与长江口外海域这些种类数量较多有关^[21]。在长江口口内水域,凤鲚胃含物糠虾类的 IRI 值为 3224.90,优势性最高的类别,这些糠虾属于低盐种类,口内水域数量较多而外海海域数量较少。依据本文结果可以认为,在不同水域,凤鲚食物种类组成有着不同的特征。凤鲚食物中饵料生物种类组成与环境中的浮游动物种类特征有密切的联系。

与以往历史文献相比^[5],本文显示的凤鲚食谱更加完整。具有更好的参考价值。

3.2 凤鲚摄食浮游动物的主要种类

郑重等^[4]的研究结果发现,厦门港凤鲚,除了桡足类以外,还有高比例的十足类,毛颚类等适应高盐环境的种类。与港湾不同,而长江口及邻近水域凤鲚的食谱具有明显的地域特征,糠虾在长江口的数量,无论是种类数还是总丰度较高^[11-12],是重要的饵料品种。由表 3 可见,河口性的长额刺糠虾 IRI 为 703.25,% IRI 为 39.65%,远远超过其他种类,甚至超过任何一个桡足类优势种,因而是凤鲚食谱中的最重要的种类。相关文献表明^[11],长额刺糠虾属于低盐近岸种,其出现和数量变动一般受控于沿岸水的影响,密集区大多出现在近岸水域。长额刺糠虾的重量百分比值远超其余主要的桡足类种类,浮游动物 IRI 值的贡献较大。在长江口和杭州湾,长额刺糠虾是海域的主要优势种,其优势性主要表现在夏季^[11],与本研究中的标本采集时间一致,也同凤鲚主要生长季节一致。此外,对照表 3 和表 5 可见,表 3 中,胃含物中长额刺糠虾无论在尾数还是重量均占有一定的比例,这一比例远远大于长额刺糠虾在海域水体中的数量比例,由此推测,凤鲚对长额刺糠虾有选

表 6 凤鲚胃含物和水体浮游动物种类相似性比较

Table 6 Comparison of similarity between zooplanktons in stomach and waters

指数 Index	相似性 Similarity	
	全部种类 All species	桡足类 Copepoda
Ochilai 相似系数(C_o)	0.3643	0.5477
Kulczynski 系数(S_k)	0.3650	0.5750
Watson 等系数(S_w)	0.3636	0.5217

择性爱好和捕食,也就是说,长额刺糠虾是凤鲚最重要的饵料浮游动物种类。

火腿许水蚤也是一个重要的河口种^[11],其分布在受长江径流影响的河口区,例如长江口北支^[22],浑浊带^[8]。该种也在长江口南支长兴岛附近大量出现^[9],是当地的主要优势种之一,因而适盐的上限较半咸水河口生态类型为低,更适合盐度低于 15 的环境。火腿许水蚤高数量分布与凤鲚渔场一致。在胃含物中,火腿许水蚤 *IRI* 值在主要种类中位列第二,出现率高于长额刺糠虾,其尾数百分比大于长额刺糠虾,然而因为个体较小,重量百分比值明显低于长额刺糠虾。因而火腿许水蚤也是凤鲚最重要的饵料浮游动物种类。

在凤鲚胃含物中,*IRI* 值较高的还有虫肢歪水蚤和真刺唇角水蚤,虫肢歪水蚤适应的盐度低于火腿许水蚤,因而是河口种。真刺唇角水蚤则属于低盐近岸种,其适应的盐度高于前面提到的浮游动物优势种。以上四种浮游动物在主要食物种类占绝对优势。因而是凤鲚饵料中最重要的优势种。

综合分析结果显示,浮游动物中的桡足类和糠虾是长江口及邻近水域凤鲚的主要摄食对象,其中火腿许水蚤和长额刺糠虾是重要食物种类。凤鲚胃含物的优势种与海洋中的优势种基本上是一致的。

3.3 相似性结果的分析

以上研究显示:凤鲚胃含物中优势种与海域环境优势种相关。然而浮游动物在凤鲚胃含物中的种类组成与海洋中的种类组成是否相似?相似性分析结果显示:它们种类组成之间的相似度值大致在 0.363—0.365 之间;而两者之间桡足类组成的相似值在 0.521—0.575 之间。

凤鲚胃含物和海洋中浮游动物全部种类的相似值不到 0.5,因而相似度有限。全部种类相似性较低原因,一方面是因为胃含物中有一些易于被消化的种类,在所鉴定的标本中,由于这些以种类已经被消化,因而部分种类难以鉴定。比较海域中的浮游动物,由于本研究水体浮游动物样品用浅水 I 型浮游生物网(筛绢孔径 0.505mm)采得,其种类分 3 个门 10 大类,其中占绝对优势的甲壳动物包括了枝角类、桡足类、端足类、磷虾类、十足类、糠虾类、涟虫类和介形类等 8 大类在内的 19 属 23 种,而胃含物中没有出现的正是介形类、翼足类、毛颚类等没有甲壳,易于消化的种类(表 4)。另一方面,在胃含物中,胃内饵料生物种类分 6 个门 11 大类,组成中占绝对优势的甲壳动物包括枝角类、桡足类、十足类、糠虾类和端足类等 5 大类在内的 16 属 19 种类。比较海洋中的浮游动物,胃含物中出现了硅藻(是浮游植物,难以用浮游动物网采取)、涟虫类(大多数种类为底栖动物)、有尾类、管水母类、腹足类(大多数种类为底栖动物)等(表 1,表 2)。这是两者间种类组成相似性较低的原因。

为了减少上述原因形成的种类相似性计算误差,本研究进一步分析二者浮游动物最大甲壳动物类群,桡足类间的相似性。由于胃含物浮游生物组成,以桡足类的种类最多,达 9 种;海洋中桡足类的种类达 15 种。两者的共有种类达 6 种。因此,采用二者的桡足类之间相似性作为指标是可信的。依据相似性分析结果(表 6),胃含物和海洋中浮游动物种类的相似性大于 0.5,具有较好的相似性。因此从种类组成讲,凤鲚的饵料,大多数来自海洋浮游动物。

3.4 凤鲚对饵料的选择性分析

研究表明,不同海洋鱼类对水体中饵料生物具有选择性,首先自然海域中饵料生物的丰度对鱼类的食物选择性产生影响^[23]。Buckel 等^[24]研究了美国东部海域的当年生鲢(*Pomatomus saltatrix*)对饵料生物的选择性,发现鲢对该海域数量较多且个体较小的浅湾小鳀(*Anchoa mitchilli*)的摄食较多。其次鱼类对饵料生物的喜好性也是影响食物选择性的因素之一。Olaso 等^[25]研究了威德尔海东部尖棘鲈科(*Artedidraconidae*)鱼类对饵料生物的选择性,发现它们对端足类的选择性很高,却很少摄食该海域数量丰富的多毛类,这与尖棘鲈科鱼类喜好捕食小型、移动的饵料生物的摄食习性有关。

依据相似性分析,凤鲚胃含物桡足类与海洋中桡足类组成较为相似,胃含物其它浮游动物与海洋浮游动物种类组成相似性较低。据此可以推测,凤鲚对桡足类摄食的选择性较低,是因为凤鲚依靠鳃耙过滤对桡足类摄食,这可能是凤鲚对桡足类摄食选择性较低的原因。这也说明了凤鲚摄食习性以滤食为主,食物的主体是浮游动物而不是底栖动物。近年来的研究指出,长江口和杭州湾底栖动物密度较低,已经趋于荒漠化,而凤

鲚仍能栖息在这一水域,并形成较高的产量,其原因正是其食物主体是浮游动物。

然而,与桡足类不同,凤鲚胃含物中的长额刺糠虾数量远远大于海洋中的密度,这从表 3 长额刺糠虾在胃含物中的重要性 and 表 5 在海域中重要性差别明显可见。由此可以推测,凤鲚对个体较大的糠虾能够追逐,主动而又有选择性地摄食。凤鲚对个体较大的食物有一定的追逐,产生选择性摄食的行为。这是凤鲚对饵料的选择性的一个方面。

一般而言,海洋中的浮游动物优势度值较大的种类($Y \geq 0.01$)往往都出现于凤鲚的食谱中,是凤鲚的较主要摄食对象。例如,胃含物中,IRI 值靠前的有长额刺糠虾、火腿许水蚤、虫肢歪水蚤和真刺唇角水蚤等。而在海洋中,以上 4 种桡足类的优势度都大于 0.02,个体较大的长额刺糠虾 $Y = 0.01$,4 种丰度百分比占 66.64%。有一个例外,也就是太平洋纺锤水蚤(表 2)。该种虽然丰度百分比为 28.67% ($Y = 0.26$),但个体很小,难以为凤鲚大量摄食,从重量而言,太平洋纺锤水蚤对凤鲚饵料贡献较低。长额刺糠虾、火腿许水蚤、虫肢歪水蚤和真刺唇角水蚤都是重要饵料种类。其中,火腿许水蚤和长额刺糠虾等种类是长江口及邻近水域凤鲚的最重要食谱种类。

致谢:田丰歌帮助分析胃含物、胡剑等帮助采集样品、沈晓民老师对本文写作给予帮助。

References:

- [1] Luo B Z, Wei S, Dou S Z. Study on food web and trophic structure of fish in the Changjiang River estuary. *Studia Marina Sinica*, 1997, 38: 143-153.
- [2] Zhang G X, Ni Y. *Fishes of Shanghai Area*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1990: 93-115.
- [3] Varela M, Larrañaga A, Costas E, Rodriguez B. Stomach content of sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum) during Saracus 871 cruise in the Cantabric and Galician continental shelf in February 1987. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 1988, 5(1): 17-28.
- [4] Zheng Z, Fang J C. Studies on the food of *Coilia mystus*. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 1956, 1: 1-20.
- [5] Ni Y, Wang Y L, Jiang M, Chen Y Q. Biological characteristics of *Coilia mystus* in the Changjiang estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(5): 69-71.
- [6] Zhong W, Shao X B, Hu L H, Yan M C, Qiu J B, Chen C. Biological characteristics of *Coilia mystus* in the Oujiang River. *Journal of Wenzhou University Natural Sciences*, 2009, 30(4): 14-18.
- [7] Zhou Y D, Xue L J, Xu K D. A study on biological characteristics of *Coilia mystus* (Linnaeus) offshore of Zhoushan. *Modern Fisheries Information*, 2004, 19(8): 19-21.
- [8] Xu Z L, Wang Y L, Chen Y Q, Shen H T. An ecological study on zooplankton in maximum turbid zone of estuarine area of Changjiang (Yangtze) River. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, 2(1): 39-48.
- [9] Xu Z L, Wang Y L, Bai X M, Chen Y Q. An ecological study on zooplankton in the Changjiang estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(5): 55-58.
- [10] Xu Z L, Shen X Q. Zooplankton biomass and its variation in water near Changjiang estuary. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14(3): 282-286.
- [11] Xu Z L, Shen X Q, Ma S W. Ecological characters of zooplankton dominant species in the waters near the Changjiang estuary in spring and summer. *Marine Sciences*, 2005, 29(12): 13-19.
- [12] Xu Z L. Character of Zooplankton Community and its variation in the water near the Yangtze River estuary. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(7): 780-784.
- [13] Dou S Z, Yang J M. Feeding habit and seasonal variation in food content of *Cynoglossus semilaevis* (Günther) in the Bohai Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 1992, 12(4): 368-376.
- [14] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *California Department of Fish and Game's Fish Bulletin*, 1971, 152: 1-105.
- [15] Cortes E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*, 1997, 54: 726-738.
- [16] Berg J. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiussculus flavescens* (Gobiidae). *Marine Biology*, 1979, 50(3): 263-273.
- [17] Sazima I. Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. *Journal of Fish Biology*, 1986,

29(1): 53-65.

- [18] Yin M C. Fish Ecology. Beijing: China Agricultural Press, 1995: 1-295.
- [19] Rosas-Alayola J, Hernandez-Herrera A, Galvna-Magana F, Abitia-Cardenas L A, Muhlia-Melo A F. Diet composition of sailfish (*Istiophorus platypterus*) from the southern Gulf of California, Mexico. Fisheries Research, 2002, 57: 185-195.
- [20] Zhang Q Y, Zhang Y Z. Study on feeding habits of red-fin pargo, *Parargyrops edita*, in south Fujian and Taiwan bank fishing ground. Acta Oceanologica Sinica, 1983, 5(3): 349-362.
- [21] Chen J J, Xu Z L, Zhu D D. Seasonal abundance and distribution of Pelagic Euphausiids in the Changjiang Estuary, China. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5279-5285.
- [22] Xu Z L. Zooplankton in north branch waters of Changjiang estuary. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(7): 1341-1345.
- [23] Chen D G. Fisheries Resources Biology. Beijing: China Agricultural Press, 1997: 80-100.
- [24] Buckel J A. Foraging habits of bluefish, *Pomatomus saltatrix*, on the U. S. east coast continental shelf. Fishery Bulletin, 1999, 97(4): 758-775.
- [25] Olaso I, Rauschert M, Broyer C D. Trophic ecology of the family Ardeidraconidae(Pisces: Osteichthyes) and its impact on the eastern Weddell Sea benthic system. Marine Ecology Process Series, 2000, 194: 143-158.

参考文献:

- [1] 罗秉征, 韦晟, 窦硕增. 长江口鱼类食物网与营养结构的研究. 海洋科学集刊, 1997, 38: 143-153.
- [2] 张国祥, 倪勇. 上海鱼类志. 上海: 上海科学技术出版社, 1990: 93-115.
- [4] 郑重, 方金钊. 六丝鲚(*Coilia mystus*) 的食料研究. 厦门大学学报: 自然科学版, 1956, 1: 1-20.
- [5] 倪勇, 王云龙, 蒋玫, 陈亚瞿. 长江口凤鲚的渔业生物学特性. 中国水产科学, 1999, 6(5): 69-71.
- [6] 仲伟, 邵鑫斌, 胡利华, 闫茂仓, 仇建标, 陈琛. 凤鲚瓯江种群的生物学特性. 温州大学学报·自然科学版, 2009, 30(4): 14-18.
- [7] 周永东, 薛利建, 徐开达. 舟山近海凤鲚 *Coilia mystus*(Linnaeus) 的生物学特性研究. 现代渔业信息, 2004, 19(8): 19-21.
- [8] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚瞿, 沈焕庭. 长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究. 中国水产科学, 1995, 2(1): 39-48.
- [9] 徐兆礼, 王云龙, 白雪梅, 陈亚瞿. 长江口浮游动物生态研究. 中国水产科学, 1999, 6(5): 55-58.
- [10] 徐兆礼, 沈新强. 长江口水域浮游动物生物量及其年间变化. 长江流域资源与环境, 2005, 14(3): 282-286.
- [11] 徐兆礼, 沈新强, 马胜伟. 春、夏季长江口邻近水域浮游动物优势种的生态特征. 海洋科学, 2005, 29(12): 13-19.
- [12] 徐兆礼. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势. 生态学杂志, 2005, 24(7): 780-784.
- [13] 窦硕增, 杨纪明. 渤海南部半滑舌鲷的食性及摄食的季节性变化. 生态学报, 1992, 12(4): 368-376.
- [18] 殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 1995: 1-295.
- [20] 张其永, 张雅芝. 闽南-台湾浅滩二长棘鲷食性研究. 海洋学报, 1983, 5(3): 349-362.
- [21] 陈佳杰, 徐兆礼, 朱德弟. 长江口及邻近海域浮游磷虾类数量和分布的季节特征. 生态学报, 2008, 28(11): 5279-5285.
- [22] 徐兆礼. 长江口北支水域浮游动物的研究. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1341-1345.
- [23] 陈大刚. 渔业资源生物学. 北京: 中国农业出版社, 1997: 80-100.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 8 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

The relationship between <i>Populus euphratica</i> 's radial increment and groundwater level at the lower reach of Tarim River	AN Hongyan, XU Hailiang, YE Mao, et al (2053)
Influence of elevation factor on soil profile texture configuration: a case study of the alluvial plain of Fengqiu County	TAN Manzhi, MI Shuxiao, LI Kaili, et al (2060)
Effects of ozone on AsA-GSH cycle in soybean leaves	WANG Junli, WANG Yan, ZHAO Tianhong, et al (2068)
The effects of physical and chemical factors on the growth and lipid production of <i>Chlorella</i>	ZHANG Guiyan, WEN Xiaobin, LIANG Fang, et al (2076)
Response of net productivity of masson pine plantation to climate change in North Subtropical Region	CHENG Ruimei, FENG Xiaohui, XIAO Wenfa, et al (2086)
Soil respiration of <i>Zoysia matrella</i> turfgrass in subtropics	LI Xibo, YANG Yusheng, ZENG Hongda, et al (2096)
Effect of UV-B radiation on the leaf litter decomposition and nutrient release of <i>Pinus massoniana</i>	SONG Xinzhang, ZHANG Huiling, JIANG Hong, et al (2106)
Physiological ecological effect of endophyte infection on <i>Achnatherum sibiricum</i> under drought stress	HAN Rong, LI Xia, REN Anzhi, et al (2115)
Zinc Tolerance and Accumulation Characteristics of <i>Armillaria mellea</i>	ZHU Lin, CHENG Xianhao, LI Weihuan, et al (2124)
Expansion strategies of <i>Caragana stenophylla</i> in the arid desert region	ZHANG Jianhua, MA Chengchang, LIU Zhihong, et al (2132)
Effects of mixed plant residues from the Loess Plateau on microbial biomass carbon and nitrogen in soil	WANG Chunyang, ZHOU Jianbin, XIA Zhimin, et al (2139)
Survival strategy of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Agropyron cristatum</i> in typical steppe of Inner Mongolia	SUN Jian, LIU Miao, LI Shengdong, et al (2148)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in <i>Salix psammophila</i> root-zone soil in Inner Mongolia desert	HE Xueli, YANG Jing, ZHAO Lili (2159)
An experimental study on the effects of different diurnal warming regimes on single cropping rice with Free Air Temperature Increased (FATI) facility	DONG Wenjun, DENG Aixin, ZHANG Bin, et al (2169)
Endophytic bacterial diversity in <i>Achnatherum inebrians</i> by culture-independent approach	ZHANG Xuebing, SHI Yingwu, ZENG Jun, et al (2178)
Hierarchical Partial Least Squares (Hi_PLS) model analysis of the driving factors of Henan's Ecological Footprint (EF) and its development strategy	JIA Junsong (2188)
Evaluation on spatial distribution of soil salinity and soil organic matter by indicator Kriging in Yucheng City	YANG Qiyong, YANG Jinsong, YU Shipeng (2196)
The toxicity of lupeol of <i>Inula britannica</i> on <i>Tetranychus cinnabarinus</i> and its effects on mite enzyme activity	DUAN Dandan, WANG Younian, CHENG Jun, et al (2203)
Abundance and biodiversity of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in littoral wetland of Baiyangdian Lake, North China	YE Lei, ZHU Guibing, WANG Yu, et al (2209)
Changes of leaf water potential and water absorption potential capacities of six kinds of seedlings in Karst mount area under different drought stress intensities: Taking six forestation seedlings in karst Mountainous region for example	WANG Ding, YAO Jian, YANG Xue, et al (2216)
Comparison of structure and species diversity of <i>Eucalyptus</i> community	LIU Ping, QIN Jing, LIU Jianchang, et al (2227)
Ecosystem services valuation of the Haihe River basin wetlands	JIANG Bo, OUYANG Zhiyun, MIAO Hong, et al (2236)
Effects of <i>Phragmites australis</i> on methane emission from a brackish estuarine wetland	MA Anna, LU Jianjian (2245)
Genetic differentiation and the characteristics of uptake and accumulation of lead among <i>Camellia sinensis</i> populations under different background lead concentrations of soils in Yunnan, China	LIU Shengchuan, DUAN Changqun, LI Zhenhua, et al (2253)
Comparison of zooplankton lists between <i>Coilia mystus</i> food contents and collections from the Yangtze River Estuary & Hangzhou Bay	LIU Shouhai, XU Zhaoli (2263)
Reconstruction and analysis of July-September precipitation in Mt. Dagangshan, China	QIAO Lei, WANG Bing, GUO Hao, et al (2272)
Analysis on economic and ecological benefits of no-tillage management of <i>Carya cathayensis</i>	WANG Zhengjia, HUANG Xingzhao, TANG Xiaohua, et al (2281)
GIS-based analysis of the accessibility of urban forests in the central city of Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (2290)
Review and Monograph	
Impact factors and uncertainties of the temperature sensitivity of soil respiration	YANG Qingpeng, XU Ming, LIU Hongsheng, et al (2301)
The advance of allometric studies on plant metabolic rates and biomass	CHENG Dongliang, ZHONG Quanlin, LIN Maozi, et al (2312)
Practice and the research progress on eco-compensation for cultivated land	MA Aihui, CAI Yinying, ZHANG Anlu (2321)
Discussion	
Soil water holding capacities and infiltration characteristics of three vegetation restoration models in dry-hot valley of Yuanmou	LIU Jie, LI Xianwei, JI Zhonghua, et al (2331)
Scientific Note	
Effects of secondary, micro- and beneficial elements on rice growth and cadmium uptake	HU Kun, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (2341)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 8 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 8 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元